



PROGRAMMA OPERATIVO COMPLEMENTARE (P.O.C.) 2014 - 2020

ATTUAZIONE DELIBERAZIONE CIPE N. 54 / 2016

Deliberazione Giunta Regione Campania n. 113 del 26.03.2019

BENEFICIARIO ATTUAZIONE OPERAZIONE

CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060 - PRIGNANO CILENTO (SA)

Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

Id. 261_1 - C.U.P. E21B04000330006. Ripristino viabilità e collegamenti del bacino della diga di Piano della Rocca. INTERVENTO DI COMPLETAMENTO

Fattibilità tecnico economica

Progetto definitivo

Progetto esecutivo

M - IMPIANTI ELETTRICO E DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Relazione tecnica

Impianto illuminotecnico galleria

Sigla progressiva	M 0 0 5	Scala	-	Cod. elaborato	O I 0 0 I P I R E 0 2
-------------------	----------------	-------	---	----------------	------------------------------

Data prima emissione del documento	Revisione	A	B	C	D	E
12/2020		data	data	data	data	data
		---,---	---,---	---,---	---,---	---,---

Riferimento archivio digitale	N. 036.2020/Ve.Ing.
-------------------------------	---------------------

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO	
Ing. Marcello Nicodemo Consorzio di Bonifica "Velia" Loc. Piano della Rocca - 84060 - Prignano Cilento (SA) Tel. 0974.837206 - Pec: consorziovelia@pec.it Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1931 dal 16.04.1984	
PROGETTAZIONE	
VELIA INGEGNERIA E SERVIZI SRL Loc. Piano Della Rocca 84060 - Prignano Cilento (SA) Tel. 0974/837206 fax 0974/837154 - Pec: veliaingegneria@pec.it Ing. Gaetano Suppa - Direttore Tecnico Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983	
GEOLOGIA	
RTP TRONCARELLI - VENOSINI - ROSSI Dott. Geol. Roberto Troncarelli (mandataria) - P.IVA 01400050560 Dott. Geol. Andrea Venosini (mandante) Legale Rappresentante Geoven di Venosini Andrea - P.IVA 02110500697 Dott. Geol. Giuseppe Rossi (mandante) Legale Rappresentante Geolab di Giuseppe Rossi - P.IVA 02308670690	



RELAZIONE TECNICA IMPIANTO ILLUMINOTECNICO

Sommario

Glossario	2
Normativa di riferimento	2
Generalità	4
Requisiti illuminotecnici	4
Riferimenti normativi	5
I riferimenti normativi applicati e/o di riferimento sono di seguito elencati:.....	5
Prescrizioni illuminotecniche	5
Dimensionamento illuminotecnico	6
Illuminazione e lunghezza zona di entrata	6
Le = c Lv	6
Le (Imbocco EST)	6
Imbocco EST (direzione verso Ovest)	9
TABELLA DI RIEPILOGO DEI RISULTATI (imbocco EST).....	9
Imbocco OVEST (direzione verso Est)	10
TABELLA DI RIEPILOGO DEI RISULTATI (imbocco OVEST)	10
Prospetto E.3 – Illuminamenti orizzontali convenzionali E_{h75}	11
Lv (Imbocco EST)	11
Illuminazione nel tratto interno	12
Illuminazione notturna zona interna	13
Caratteristiche specifiche	14
Funzionamento impianto	14



Glossario

Di seguito si riporta il significato di acronimi e/o di altri nomi tecnici utilizzati in questo documento.

Acronimo	Descrizione
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
CIE	International Commission on Illumination
LED	Light Emitting Diode
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Normativa di riferimento

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi applicabili alla progettazione esecutiva degli impianti di illuminazione.

Le principali norme applicabili sono:

- UNI 11248:2012 Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI EN 13201-2:2004 Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali
- UNI EN 13201-3:2004 Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni
- UNI EN 13201-4:2004 Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche.
- UNI 11095:2011 Luce e illuminazione - Illuminazione delle gallerie stradali
- CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto
- CEI 0-21 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI del CT3 - Documentazione e Segni Grafici. Tutti i fascicoli in vigore
- CEI 8-6 Tensioni nominali dei sistemi elettrici di distribuzione pubblica a bassa tensione
- CEI 11-17:2011 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica

Linee in cavo.

- CEI 11-25 Calcolo delle correnti di corto circuiti nelle reti trifasi a corrente alternata
- CEI 11-26 Calcolo degli effetti delle correnti di corto circuito
- CEI 11-28 Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione
- CEI 11-48 (CEI EN 50110-1) Esercizio degli impianti elettrici
- CEI 11-49 (CEI EN 50110-2) Esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali)
- CEI del CT16 - Contrassegni dei terminali ed altre identificazioni: tutti i fascicoli in vigore
- CEI 16-2 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori
- CEI 16-4 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione – Individuazione dei conduttori tramite colori o codici alfanumerici
- CEI 16-7 Elementi per identificare i morsetti e la terminazione dei cavi
- CEI 17-13/2 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.).



Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre.

- CEI 17-13/3 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione (ASD)
- CEI 17-13/4 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC)
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.) non di serie (ANS)
- CEI 17-52 Metodo per la determinazione della tenuta al cortocircuito delle apparecchiature assiemate non di serie (ANS)
- CEI 17-70 Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione
- CEI 17-71 Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione". Prescrizioni generali
- CEI 20-13, 20-14, 20-19, 20-20, 20-22, 20-35, 20-36, 20-37, 20-45, 20-65, relativamente ai vari tipi di cavi elettrici
- CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1: in regime permanente (fattore di carico 100%)
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi a 0,6/1 kV
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- CEI 64-7 Impianti di illuminazione situati all'esterno con alimentazione serie
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale o terziario
- CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (Codice IP)
- Norme del CT 70 – involucri di protezione: tutti i fascicoli
- CEI 81-10/1 Protezione contro i fulmini. Parte 1: principi generali
- CEI 81-10/2 Protezione contro i fulmini. Parte 2: valutazione del rischio
- CEI 81-10/3 Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI 81-10/4 Protezione contro i fulmini. Parte 4: impianti elettrici ed elettronici nelle strutture
- CEI EN 60598-1:2009 Apparecchi di illuminazione - Parte 1: Prescrizioni generali e prove
- CEI EN 60598-2-3:2003 Apparecchi di illuminazione - Parte 2-3: Prescrizioni particolari

Apparecchi per illuminazione stradale

- CEI UNI 70029:1998 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza
- CEI UNI 70030:1998 Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa
- Tabelle CEI-UNEL 00721 Colori del rivestimento esterno dei cavi interrati
- Tabelle CEI-UNEL 00722 Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o



polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali U_o/U non superiori a 0,6/1 kV.

Le principali disposizioni legislative applicabili sono:

- DM 14 settembre 2005 - Norme di illuminazione delle gallerie stradali (GU n. 295 del 20-12-2005)
- Direttiva Presidenza Consiglio Ministri 3/3/99 "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici"
- DM 21 Marzo 1988, n°449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche esterne"
- DM 5 novembre 2001 e s.m.i. "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"
- DM 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- DPR 495/92 e s.m.i. "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada"
- Legge n° 186 del 01.03.1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici costruiti "a regola d'arte"
- Legge n° 791 del 18.01.1977 Attuazione della Direttiva n° 73/23/CEE (abrogata dalla Direttiva n° 2006/95/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere impiegato entro alcuni limiti di tensione
- Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008 "Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici"
- D.lgs 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i. - Nuovo codice della strada
- D.lgs. n°81/2008 e s.m.i. "Testo Unico sulla Sicurezza".

Le direttive applicabili sono

- 2006/95/CE Direttiva Bassa Tensione.
- 2004/108/CE Direttiva compatibilità elettromagnetica

Generalità

La galleria di progetto è del tipo naturale con sezione circolare, a fornice unico e con traffico bidirezionale di lunghezza complessiva pari a ca. 144 m.

L'impianto di illuminazione sarà alimentato da un quadro elettrico denominato "Quadro elettrico illuminazione galleria", posto all'estremità della galleria ed alimentato in bassa tensione (400 V) dalla cabina elettrica MT/bt adiacente.

Requisiti illuminotecnici

La presente relazione precisa i criteri ed i riferimenti normativi che sono alla base del dimensionamento degli impianti di illuminazione e le procedure di calcolo utilizzate per giungere a definire le caratteristiche dei vari elementi costituenti l'impianto stesso della galleria in progetto.

Il progetto è stato redatto in modo da rispettare le richieste illuminotecniche espresse nella nuova norma UNI 11095/11.

Ai criteri di realizzazione degli impianti di illuminazione in galleria che di seguito si andranno a definire e che hanno per obiettivo il raggiungimento di un livello prestazionale complessivo dell'impianto, congruente con la sicurezza della circolazione veicolare in galleria, dovranno fare riferimento tutte le attività, le forniture e quanto altro a carico dell'impresa esecutrice dei lavori in modo da raggiungere a pieno gli obiettivi previsti.



Gli obiettivi ed i riferimenti progettuali sono:

- il livello di luminanza da realizzare sul manto stradale del tunnel e della parte bassa delle pareti laterali lungo lo sviluppo del tunnel stesso al fine di garantire le condizioni di sicurezza e del comfort visivo;
- il contenimento dei costi di primo impianto e di esercizio che condizionano le scelte tecniche;
- la uniformità della distribuzione di luminanza sul piano stradale compatibilmente con la variazione continua imposta nelle zone di soglia e di transizione;
- il controllo di fastidiosi effetti di abbagliamento.

I risultati dei calcoli illuminotecnici sono riportati nella relazione di calcolo.

Riferimenti normativi

I riferimenti normativi applicati e/o di riferimento sono di seguito elencati:

- Norma UNI 11095/2011 – “Illuminazione delle gallerie stradali”
- UNI EN 13201-2/2004 – “Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali”
- D.M. 14/09/2005 – “Norme di illuminazione delle gallerie stradali”
- Direttiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29/04/2004 relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea
- D.Lgs. n. 264 del 05/10/2006 “Attuazione della Direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea”
- Circolare Anas n. 17/2006 con allegate Linee Guida ed. Novembre 2006 revisionate in data Ottobre 2009.
- UNI 11248/2012 “Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche”

Prescrizioni illuminotecniche

La Norma UNI 11095 divide la sezione longitudinale del tunnel in zone di riferimento, caratterizzate da differenti requisiti di luminanza che devono essere forniti dall'impianto di illuminazione:

- zona di accesso: tratto di strada all'aperto immediatamente precedente la sezione di ingresso in galleria, di lunghezza pari alla distanza di riferimento (presunzione di arresto);
- zona di entrata: tratto interno dalla sezione di ingresso in galleria, di lunghezza almeno pari alla distanza di riferimento, lungo il quale l'illuminazione deve garantire un valore di luminanza media tale da consentire al conducente di un veicolo in avvicinamento di individuare dalla distanza di riferimento l'ostacolo di riferimento;
- zona di transizione: è il tratto interno della galleria successivo alla zona di entrata, lungo il quale i valori di luminanza media della carreggiata in sezioni trasversali della galleria vengono ridotti gradualmente per consentire all'occhio del conducente di un veicolo di adattarsi ai livelli di luminanza più bassi della zona interna;
- zona interna: è il tratto interno della galleria successivo alla zona di transizione, lungo il quale devono essere forniti valori di luminanza media tali da consentire il percorso della galleria in sicurezza e garantire la percezione dell'ostacolo di riferimento;
- zona di uscita: è la zona terminale della galleria; in questo tratto la visibilità del conducente è influenzata dalla luce esterna. Solitamente la visibilità non è critica in quanto gli eventuali ostacoli sono individuati come corpi scuri su fondo chiaro.

L'impianto di illuminazione deve quindi essere realizzato per garantire:

- una illuminazione di rinforzo nel tratto iniziale di galleria, la cui estensione, andamento e livello di luminanza sulla strada, sono dipendenti dalla luminanza esterna e dalla velocità di progetto;



- una illuminazione permanente distribuita per tutta la lunghezza della galleria, accesa sia nelle ore diurne che notturne al fine di garantire i livelli di luminanza minima imposti dalle norme di riferimento.

Dimensionamento illuminotecnico

Illuminazione e lunghezza zona di entrata

La luminanza di entrata L_e è data dalla formula:

$$L_e = c L_v$$

dove:

L_v è la luminanza debilitante

C è un fattore dipendente dal tipo di impianto definito dal prospetto 1 della UNI 11095: vale 0,23 per impianti contro flusso, 0,25 per impianti simmetrici e 0,32 per impianti proflusso. Nel caso in esame, con proiettori a flusso simmetrico, si ha che:

$$L_e (\text{Imbocco EST}) = 53 \text{ cd/m}^2$$

$$L_e (\text{Imbocco OVEST}) = 54 \text{ cd/m}^2$$

Considerando che la lunghezza della galleria in progetto risulta superiore a 125 m e che quindi risulta compresa tra le "gallerie lunghe" secondo la UNI 11095/2011, non è possibile ridurre il valore della luminanza di entrata.

Pertanto, i valori risultano

$$L_e (\text{Imbocco EST}) = 53 \text{ cd/m}^2$$

$$L_e (\text{Imbocco OVEST}) = 54 \text{ cd/m}^2$$

Per omogeneità progettuale si è deciso di utilizzare il valore maggiore per entrambi gli imbocchi.

La luminanza debilitante è data da:

$$L_v = L_{seq} + L_{atm} + L_{par} + L_{cru} \text{ dove:}$$

L_{seq} è la luminanza di velo equivalente

L_{atm} è la luminanza atmosferica

L_{par} è la luminanza del parabrezza

L_{cru} è la luminanza del cruscotto

La luminanza equivalente di velo L_{seq} è definita dalla formula:

$$L_{seq} = 10 \cdot \int_{\Theta} \frac{dE}{\theta^2}$$

dove:

dE è il contributo infinitesimo dell'illuminamento prodotto dalla luce proveniente dalla direzione individuata dall'angolo θ sul piano perpendicolare alla direzione di osservazione, nel punto di misura o calcolo;

θ è l'angolo in gradi compreso tra la direzione di provenienza della luce e la direzione di osservazione degli occhi del conducente;

Θ è l'angolo solido di integrazione individuato dallo spazio limitato da 2 coni circolari con vertice nel punto di osservazione ed asse parallelo alla direzione di osservazione, di cui quello interno con semiapertura di 1° e quello esterno con semiapertura di $28,4^\circ$, quest'ultimo essendo inoltre sezionato superiormente ed inferiormente dal diedro avente spigolo orizzontale passante per i vertici dei 2 coni e formato dai 2 semipiani inclinati di 20° sopra e sotto la direzione di osservazione.



La luminanza L_{atm} dello strato di atmosfera compreso tra l'occhio dell'osservatore alla distanza di arresto e la sezione d'ingresso in galleria è dovuta alla diffusione atmosferica del flusso luminoso proveniente dal sole e dalle superfici emittenti che costituiscono i dintorni dell'imbocco.

Il suo valore è determinato dalla formula che segue (di Padmos ed Alferdinck):

$$L_{atm} = 1,3 \frac{d_a \cdot E_h}{w \cdot V_m}$$

in cui:

E_h è l'illuminamento orizzontale [lx];

d_a è la distanza di arresto [m];

V_m è la distanza di visibilità meteorologica [m], ossia la distanza alla quale a causa della luminanza dell'atmosfera un oggetto nero osservato sullo sfondo del cielo all'orizzonte presenta un contrasto pari a 0,05.

La luminanza del parabrezza L_{par} e del cruscotto L_{cru} sono stimate in base alla luminanza di velo equivalente L_{seq} secondo la seguente formula:

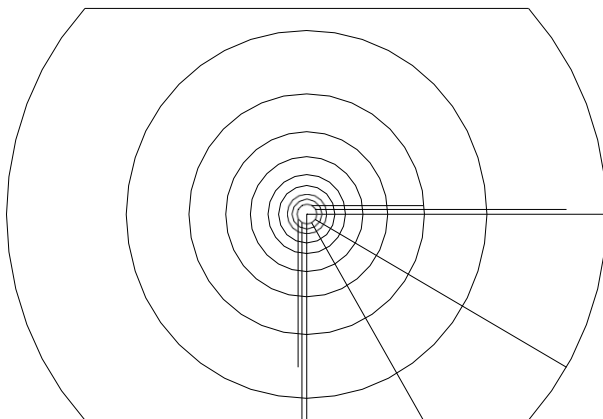
$$L_{par} + L_{cru} = 0,4 \cdot L_{seq}$$

Poiché la luminanza debilitante varia giornalmente, con le stagioni, con le condizioni meteorologiche ed ambientali, in base all'indicazione della norma si può considerare il valore della **luminanza debilitante progettuale L_{v75}** , ovvero il valore massimo della luminanza debilitante che si presenta nel corso di un anno, con l'esclusione di quelle punte più elevate che complessivamente coprono una durata massima di 75 ore all'anno.

La stima di tale valore può essere ottenuta:

- con misurazioni dirette della L_v e dei parametri ambientali in una o più condizioni ambientali, correlando il probabile andamento annuale di tali parametri con il valore di L_v tramite fattori correttivi;
- con valutazioni statistiche dei singoli addendi della seguente formula:
 $L_{v75} = 1,4 L_{seq75} + L_{atm75}$
- con combinazione dei due metodi.

Per stimare il valore di L_{seq75} si ricorre normalmente al diagramma polare di fig. 1, costituito da 9 anelli concentrici suddivisi in 12 settori, angularmente uguali e pari a 30°, ma di altezza tale che l'area di ciascun settore, produca la stessa luminanza di velo equivalente qualora soggetto ad una luminanza costante*.



* La scala del diagramma polare dipende dalla distanza di arresto. Un modo grafico per la determinazione dei diametri delle circonferenze concentriche è il seguente: rilevato il rapporto di scala $r = d_{foto}/d_{reale}$ della fotografia in base ad una dimensione nota, i diametri delle circonferenze d_c sono dati da:
 $d_c = 2 \cdot \text{tg} \theta \cdot d_a \cdot r$ ove θ sono gli angoli definiti dal Prospetto I e d_a è la distanza d'arresto.

Fig. E.1
Diagramma polare per la valutazione di L_{seq75}



Il diagramma, che troncato sotto e sopra per tener conto delle limitazioni di visibilità del parabrezza, viene sovrapposto ad una fotografia del fornice di ingresso fatta da una distanza maggiore della distanza di arresto e con un obiettivo che copra un angolo di visuale orizzontale maggiore di 60°.

Gli angoli sottesi dai raggi delle circonferenze che limitano i settori del diagramma polare, visti dalla distanza di arresto, sono ripresi nel prospetto seguente.

Prospetto E.1

Circonferenza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Apertura 0	1,0°	1,5°	2,0°	2,9°	4,0°	5,8°	8,3°	12,0°	18,0°	28,4°

Il centro del diagramma deve coincidere con il punto nella sezione di ingresso posto sull'asse di mezzzeria della galleria ad una quota di 1,5 m dal piano stradale.

Le luminanze medie (misurate o stimate mediante il prospetto II) delle superfici emittenti che interessano ciascuno dei 108 settori di cui è costituito il diagramma hanno lo stesso peso sulla L_{seq75} che può quindi essere calcolata con la formula:

$$L_{seq75} = 0,51 \cdot \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{12} L_{ij75}$$

in cui $L_{i,j75}$ è convenzionalmente il valore massimo che si presenta per almeno 75 h nell'arco di un anno della luminanza della superficie emittente dell'i-esimo anello e del j-esimo settore del diagramma polare di fig. 1, in chilocandele al metro quadro.

Prospetto E.2 - Valori di luminanza da considerare nella stima di L_{seq75}

Direzione di marcia	Luminanza [kcd/m ²]					
	Cielo	Strada	Rocce	Edifici	Neve	Prati
Verso Nord	8	3	3	8	15	2
Est-Ovest	12	4	2	6	10 (V) 15 (H)	2
Verso Sud	16	5	1	4	5 (V) 15 (H)	2

(V) Paesaggio montagnoso con superfici prevalentemente ripide, rivolte verso il conducente.

(H) Paesaggio pianeggiante, più o meno orizzontale.

Di seguito sono allegati il diagramma di Adrian con le foto dei due imbocchi (EST e OVEST) e le tabelle con i valori attribuiti ai diversi settori.



Imbocco EST (direzione verso Ovest)

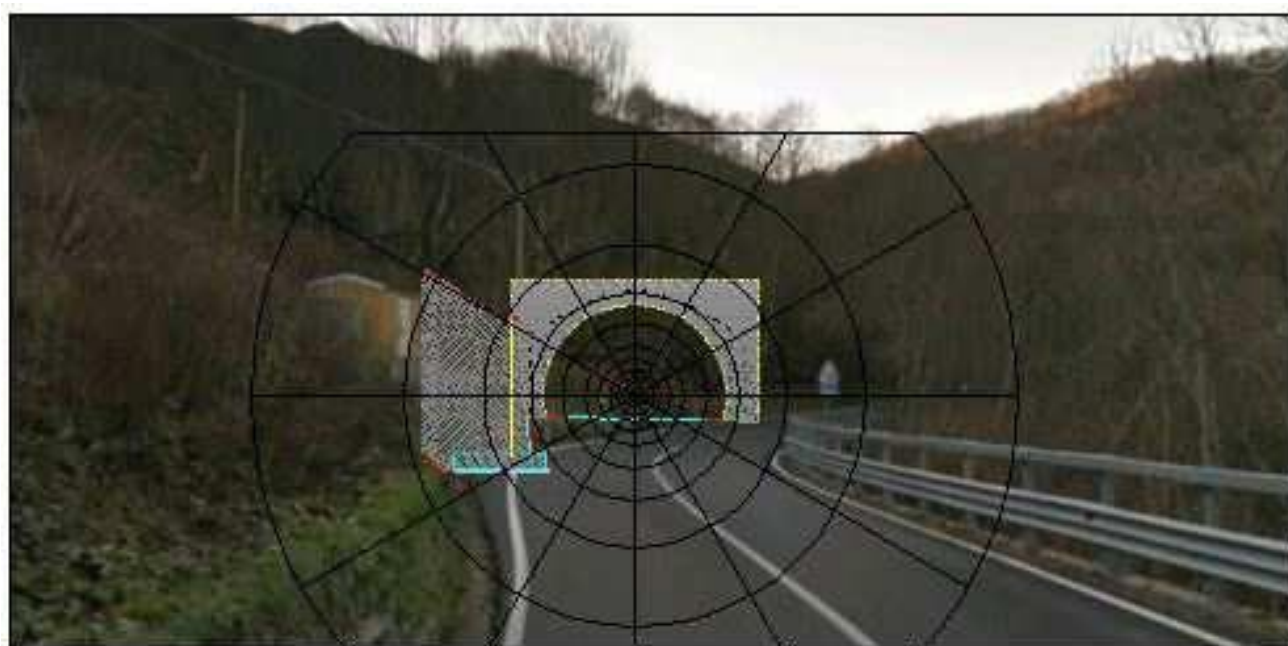


TABELLA DI RIEPILOGO DEI RISULTATI (imbocco EST)

		ANELLI									TOTALI (cd/m ²)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	UNI 11095
SETTORI	(I)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	3,60	2,00	1,54	9,54
	(II)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	5,60	2,40	3,12	13,52
	(III)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	4,40	2,00	2,00	10,80
	(IV)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	2,80	4,20	3,00	3,00	14,20
	(V)	0,00	0,00	1,20	3,20	4,00	4,00	4,00	4,00	3,12	23,52
	(VI)	0,00	0,80	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,88	25,68
	(VII)	0,00	0,80	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,88	25,68
	(VIII)	0,00	0,00	1,20	3,20	4,00	4,00	4,00	4,00	3,12	23,52
	(IX)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	3,20	5,60	2,00	2,00	14,00
	(X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	4,40	2,00	3,20	12,00
	(XI)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	5,20	2,40	1,56	11,56
	(XII)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	3,60	2,00	0,44	8,44
Totale										192,46	



Imbocco OVEST (direzione verso Est)

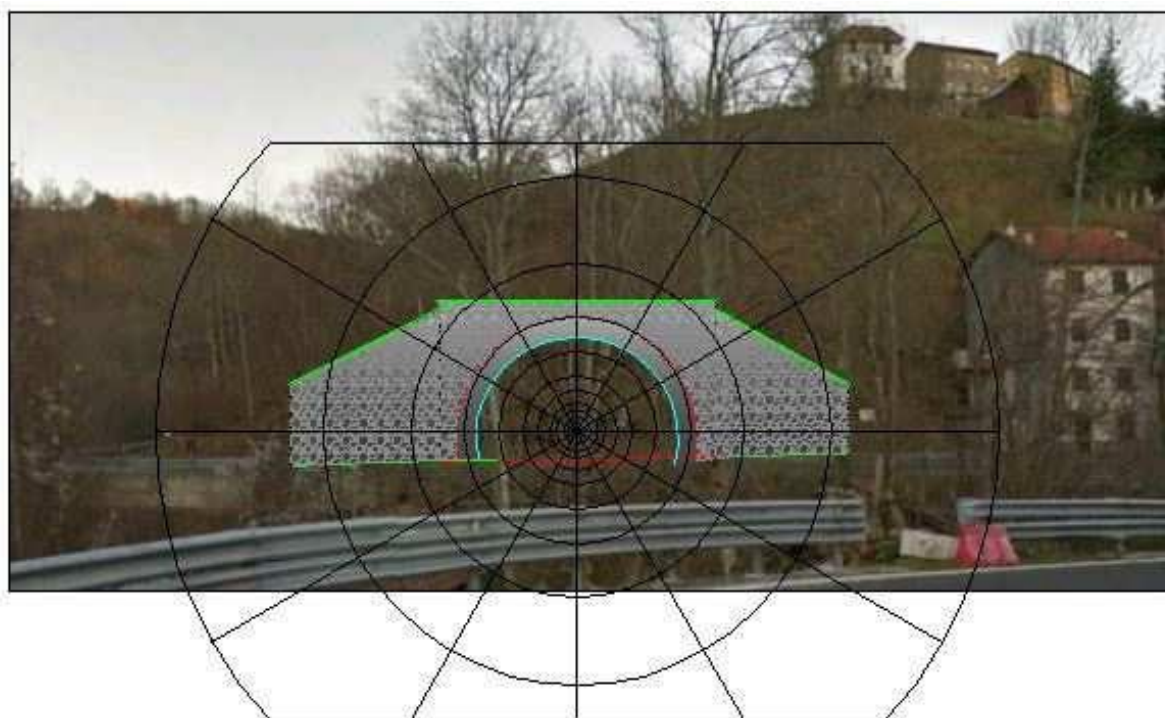


TABELLA DI RIEPILOGO DEI RISULTATI (imbocco OVEST)

		ANELLI									TOTALI (cd/m ²)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	UNI 11095
SETTORI	(I)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	4,00	2,00	0,88	9,88
	(II)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	6,00	2,80	1,56	13,36
	(III)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	6,00	5,20	2,40	16,60
	(IV)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	4,00	2,80	2,00	11,80
	(V)	0,00	0,00	0,00	2,00	4,00	4,00	4,00	3,20	2,18	19,38
	(VI)	0,00	0,00	3,20	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,88	24,08
	(VII)	0,00	0,00	3,20	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,88	24,08
	(VIII)	0,00	0,00	0,00	2,40	4,00	4,00	4,00	3,20	2,18	19,78
	(IX)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	3,60	3,20	2,40	11,40
	(X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	6,00	5,20	2,80	17,00
	(XI)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	6,00	2,80	7,02	18,82
	(XII)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,60	2,00	2,64	11,24
Totale										197,43	



Analogamente, la luminanza atmosferica progettuale L_{atm75} si può ricavare dalla precedente formula di L_{atm} inserendo i dati relativi all'illuminamento orizzontale E_{h75} e alla distanza di visibilità V_{m75} :

$$L_{atm75} = 1,3 \frac{d_a \cdot E_{h75}}{\pi \cdot V_{m75}}$$

dove i dati relativi a E_{h75} e V_{m75} possono essere ricavati dai seguenti prospetti:

Prospetto E.3 – Illuminamenti orizzontali convenzionali E_{h75}

Latitudine locale	Illuminamento orizzontale [Klx]
36°N	64
36°N	64
40°N	60
42°N	58
44°N	57
46°N	55

Prospetto E.4 – Distanza di visibilità meteorologica V_{m75}

Tipo di galleria	Distanza di visibilità meteorological [Km]
Galleria e sottopassi urbani	8
Gallerie extraurbane al livello del mare	9
Gallerie extraurbane a quota ≤ 500 m	10
Gallerie extraurbane a quota > 500 m	15

Nel caso in esame si ha che:

L_v (Imbocco EST) = 192,46 cd/m²

L_v (Imbocco OVEST) = 197,43 cd/m²

Per l'intera lunghezza della zona di entrata, pari alla distanza di riferimento, la luminanza stradale deve garantire la percezione di un eventuale ostacolo da parte del conducente in avvicinamento. Questa condizione si considera soddisfatta se nella prima metà della zona di entrata la luminanza stradale media è maggiore o uguale alla luminanza di entrata L_e , mentre nella seconda metà della zona di entrata la luminanza trasversale media decresce linearmente (o a gradini) con la distanza a partire dal valore di L_e fino al punto iniziale della luminanza di transizione.

La luminanza media della pavimentazione stradale nella zona di transizione deve decrescere in modo da risultare non minore del valore ottenibile dalla formula (L_t : luminanza di transizione):

$$L_t = \frac{L_e}{(1,9 - t)^{1,4}} \quad \text{oppure} \quad L_t = \frac{L_e}{\left(1,9 + \frac{3,6 \times X_v}{v}\right)^{1,4}}$$



dove:

L_e è la luminanza di entrata per $L_v=L_v75$

t è il tempo di percorrenza lungo la galleria alla velocità di progetto, misurato dall'inizio della zona di transizione, in secondi

X_v è la distanza lungo la galleria misurata dall'inizio della zona di transizione, in metri v è la velocità di progetto, in chilometri/ora.

La lunghezza del tratto di transizione è determinata dalla condizione che esso termini quando la luminanza ha raggiunto il valore della luminanza interna richiesta.

Considerata la limitata lunghezza della galleria in oggetto, risulta che la galleria può essere considerata tutta come "zona di entrata".

Illuminazione nel tratto interno

La luminanza media mantenuta della zona interna L_i deve essere:

- per gallerie a senso unico di marcia: $L_i \geq 1,5 \cdot L$
- per le gallerie a doppio senso di marcia: **$L_i \geq 2,0 \cdot L$**

dove L è il valore minimo della luminanza media mantenuta indicato nella UNI EN 13201-2/2004 (Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali) per la classe relativa al tipo di strada di accesso alla galleria, definita dalla UNI 11248/2012 (Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche).

prospetto 1 **Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi obbligatoria**

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi
A ₁	Autostrade extraurbane	130 - 150	ME1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 - 90	ME2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	ME2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	ME3b
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2 ¹⁾)	70 - 90	ME2
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	ME2
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	ME2
		50	
E	Strade urbane interquartiere	50	ME2
	Strade urbane di quartiere	50	ME3b
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2 ¹⁾)	70 - 90	ME2
	Strade locali extraurbane	50	ME3b
		30	S2
	Strade locali urbane	50	ME3b
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	CE3
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	CE4/S2
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	
Strade locali interzonali	50 30	CE4/S2	
Fois	itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	Non dichiarato	S2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	

1) Secondo il Decreto ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e successive integrazioni e modifiche.
 2) Per strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile a questa (prospetto 5).
 3) Vedere le osservazioni del punto 6.3.
 4) Secondo la Legge 1 agosto 2003 numero 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003, n 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada".



Nel caso in oggetto, dunque, si dovrà avere che la luminanza interna dovrà essere superiore a 2 volte il valore della Luminanza media mantenuta indicato nel seguente prospetto nella 2° colonna, in funzione della categoria illuminotecnica della strada:

prospetto 1a **Categorie illuminotecniche serie ME**

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante Tl in % ^{a)} [massimo]	Illuminazione di contiguità SR ^{2b)} [minima]
	\bar{L} in cd/m ² [minima mantenuta]	U_0 [minima]	U_l [minima]		
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	nessun requisito

a) Un aumento del 5% del Tl può essere ammesso quando si utilizzano sorgenti luminose a bassa luminanza (vedere nota 6).
 b) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.

Ne risulta che la luminanza media mantenuta della zona interna L_i dovrà essere ad un livello non inferiore a **3 cd/m²**.

Il suddetto valore è ampiamente superato dalla sola illuminazione di rinforzo e, pertanto, non è prevista l'impianto d'illuminazione permanente.

Illuminazione notturna zona interna

La luminanza media della carreggiata nelle **ore notturne** dovrà essere ad un livello non inferiore a **1 cd/m²** (la strada di accesso alla galleria non è illuminata).

Luminanza delle pareti

La luminanza media delle pareti, per un'altezza almeno pari a 2 m sopra la carreggiata, non deve essere minore del 60% della luminanza media della carreggiata.

Uniformità di luminanza

I valori di uniformità della luminanza devono essere:

- U_0 ed $U_t \geq 0,5$ sulla carreggiata
- U_0 ed $U_t \geq 0,4$ sulle pareti
- $U_l \geq 0,7$ sulla carreggiata
- $U_l \geq 0,6$ sulle pareti

Dove:

- U_0 è l'uniformità di luminanza generale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e media [UNI EN 132001-2]
- U_l è l'uniformità di luminanza longitudinale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e massima [UNI EN 132001-2], rilevata lungo la mezzzeria di una corsia di marcia per la carreggiata
- U_t è l'uniformità di luminanza trasversale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e media trasversale nella stessa sezione della superficie di calcolo [UNI 11095].



Limitazione dell'abbagliamento

L'incremento di soglia TI, ovvero la misura della perdita di visibilità causata dall'abbagliamento debilitante degli apparecchi di un impianto di illuminazione stradale, non deve superare il 10% nelle zone a luminanza costante e il 20% nelle zone a luminanza variabile.

Illuminazione di emergenza

Per la galleria in oggetto, di lunghezza inferiore a 500 m, non è necessario alcun impianto di illuminazione di emergenza.

Si ritiene di alimentare le due linee di illuminazione permanente tramite UPS con riserva di almeno 30 minuti.

Scelte progettuali

Data la limitata lunghezza della galleria in oggetto, considerando che si tratta di fornice singolo con traffico bidirezionale, si è deciso di utilizzare la soluzione con proiettori simmetrici. All'entrata della galleria sarà previsto un impianto di illuminazione di rinforzo, con corpi illuminanti con ottiche simmetriche e lampade al LED da 272W, posizionati su canalina portacavi posta al centro della volta della galleria.

L'illuminazione permanente (notturna) sarà realizzata con corpi illuminanti ad ottica simmetrica del tipo a LED da 50W.

Per i dettagli relativi alle caratteristiche dei corpi illuminanti previsti si rimanda agli altri elaborati progettuali.

Caratteristiche specifiche

L'impianto di illuminazione sarà realizzato con proiettori specifici con corpo in pressofusione/estruso di alluminio con ottica simmetrica per l'illuminazione permanente e di rinforzo. I proiettori completi di accessori saranno equipaggiati con lampade al LED da 272 W per il rinforzo e da 50 W per la permanente.

I corpi illuminanti saranno ancorati alla passerella asolata mediante staffe sagomate e relativi accessori tutto in acciaio inox.

Per quanto riguarda la derivazione elettrica per l'alimentazione dei proiettori utilizzati per i circuiti di rinforzo e permanenti, questa verrà realizzata mediante cassette in lega di alluminio avente classe II di isolamento, collegata ad una presa CEE 2x16A tramite un cavo multipolare a doppio isolamento. Il proiettore sarà corredato da una spina CEE 2x16A che andrà inserita nella presa di cui sopra garantendo oltre al collegamento elettrico anche un facile e veloce scollegamento del proiettore in caso di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Per quanto riguarda il numero dei circuiti elettrici di alimentazione, il presente progetto prevede la seguente configurazione:

- n. 2 circuiti monofase per illuminazione permanente (notturna) (P1 e P2);
- n. 2 circuiti trifase per illuminazione di rinforzo (R1 e R2);
- n. 2 circuiti per alimentazione rilevatori di luminanza posti all'esterno degli imbocchi (LT – LM).

Le caratteristiche dei corpi illuminanti, delle canalizzazioni, delle linee elettriche, il dimensionamento di tutti i componenti facenti parte dell'impianto, il numero e la consistenza di tutte le apparecchiature e dei materiali sono descritti negli allegati elaborati grafici e di calcolo.

Funzionamento impianto

Al fine di garantire la sicurezza del traffico ed il risparmio energetico, l'illuminazione della galleria deve poter variare proporzionalmente alla luminanza debilitante misurata dalla



distanza di riferimento. A tal fine saranno installati, a circa 50 metri dagli imbocchi, dei luminanzometri in grado di "vedere" l'illuminamento naturale (luminanza debilitante - cd/mq) all'ingresso dei due imbocchi. Le sonde saranno installate ad un'altezza di circa 5 metri in modo da non essere influenzate dal traffico pesante e saranno puntate sulla mezzeria della sezione d'entrata a 1,5 metri dal piano della carreggiata.

Sarà possibile quindi, durante le ore diurne, regolare l'intensità dell'illuminazione di rinforzo per adattarla alle condizioni esterne. A tal fine saranno installate all'interno di ciascun proiettore di rinforzo, idonee schede di interfaccia che comunicheranno con la centralina posta in cabina. In particolare si prevede di installare un sistema di controllo e diagnostica dei singoli punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale a onde convogliate tra regolatore e singoli proiettori a LED, secondo le prescrizioni della EN 50065-1 (trasmissioni di segnali su rete elettriche a bassa tensione nella gamma di frequenze da 3 a 148,5 kHz). Con questa opzione è possibile controllare il singolo punto luce, realizzare scenari personalizzati di illuminazione, verificare il consumo energetico dell'impianto e segnalare eventuali guasti. Il sistema previsto si integra con altri sistemi di controllo presenti o futuri.

La tecnologia LED permette di ottimizzare i livelli di dimmerazione fino al 15-20% del loro flusso iniziale mantenendo sempre le condizioni percettive necessarie e garantendo una sensibile riduzione dei consumi.

Durante le ore notturne rimane accesa la sola illuminazione permanente (notturna) che è in grado di garantire il livello di luminanza richiesto per la viabilità notturna, ovvero un valore non inferiore a 1 cd/m².